
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2010/2011

November 2010

ESA 323/3 – Aerocomposite Engineering
Kejuruteraan Aerokomposit

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

INSTRUCTION TO CANDIDATES
ARAHAN KEPADA CALON

Please ensure that this paper contains **TEN (10)** printed pages and **FIVE (5)** questions before you begin examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEPULUH (10)** mukasurat bercetak dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **ALL** questions.
*Jawab **SEMUA** soalan.*

Student may answer the questions either in English or Bahasa Malaysia but not both.

Pelajar boleh menjawab soalan dalam Bahasa Inggeris atau Bahasa Malaysia tetapi bukan kedua-duanya sekali.

Each question must begin from a new page.

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada kertas soalan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunakan pakai.

1. (a) A composite material is a mixture of two or more distinct constituent or phases. However this definition is not sufficient and other criteria must be satisfied before a material can be said to be composite. In your own words give the full definition of composites.

Bahan komposit adalah campuran dua atau lebih bahan yang berbeza sifat atau fasa. Walau bagaimanapun, definasi ini sahaja adalah tidak mencukupi dan beberapa kriteria lain mesti dipenuhi sebelum sesuatu bahan boleh dikatakan sebagai bahan komposit. Berikan definasi penuh bahan komposit.

(20 marks/markah)

- (b) Tensile test were carried out on alumina and SiC fibre with the following material properties. The deformation in all tests was elastic up to failure. Calculate the specific modulus and specific strength of the two types of fibres.

Ujian tegangan telah dilakukan terhadap gentian alumina dan SiC dengan sifat bahan berikut. Perubahan bentuk adalah secara elastik sehingga kegagalan berlaku. Kira modulus tentu dan kekuatan tentu bagi kedua-dua gentian tersebut.

	Alumina	SiC
Density	3.3Mg/m ³	2.6Mg/m ³
Force at tensile failure	0.01060N	0.06503N
strain to failure	0.4%	1.0%
fibre diameter	3 µm	6 µm
cross section type	circular	circular

	Alumina	SiC
<i>Ketumpatan</i>	<i>3.3Mg/m³</i>	<i>2.6Mg/m³</i>
<i>Daya pada kegagalan tegangan</i>	<i>0.01060N</i>	<i>0.06503N</i>
<i>Terikan pada kegagalan</i>	<i>0.4%</i>	<i>1.0%</i>
<i>Diameter gentian</i>	<i>3 µm</i>	<i>6 µm</i>
<i>Jenis keratan rentas</i>	<i>bulatan</i>	<i>bulatan</i>

(30 marks/markah)

- (c) An aerospace company has shortlisted two PMC matrixes to be used for a composite part of the design.

Sebuah syarikat aeroangkasa telah menyenarai pendek dua jenis matriks PMC untuk digunakan pada satu komponen komposit yang direka.

- (i) Epoxy resin

Resin epoksi

(ii) PEEK

PEEK

As the material engineer for the company, evaluate both materials in terms of properties, advantage and disadvantages.

Sebagai jurutera bahan syarikat tersebut, nilaikan kedua-dua bahan dari segi sifat, kelebihan dan kekurangannya.

(50 marks/markah)

2. A skin section of an aircraft was built with the following laminate configuration:

Sebuah bahagian dinding kapal terbang telah dibina menggunakan konfigurasi laminasi seperti berikut:

$$[0, +45, -45]_s$$

Determine the ABD matrix for the laminate. The lamina stiffness matrixes are given as follows:

Tentukan matriks ABD untuk laminasi tersebut. Matriks kekenyalan lamina adalah diberikan seperti berikut:

$$[\bar{Q}]_0 = \begin{bmatrix} 181.81 & 2.91 & 0 \\ 2.91 & 10.39 & 0 \\ 0 & 0 & 7.17 \end{bmatrix} GPa$$

$$[\bar{Q}]_{90} = \begin{bmatrix} 10.39 & 2.91 & 0 \\ 2.91 & 181.81 & 0 \\ 0 & 0 & 7.17 \end{bmatrix} GPa$$

$$[\bar{Q}]_{45} = \begin{bmatrix} 56.67 & 42.33 & 42.85 \\ 42.33 & 56.67 & 42.85 \\ 42.85 & 42.85 & 46.59 \end{bmatrix} GPa$$

$$[\bar{Q}]_{-45} = \begin{bmatrix} 56.67 & 42.33 & -42.85 \\ 42.33 & 56.67 & -42.85 \\ -42.85 & -42.85 & 46.59 \end{bmatrix} GPa$$

Each lamina has a thickness of 0.2 mm. Given:

Setiap lamina mempunyai ketebalan 0.2 mm. Diberi:

$$[A_{ij}] = \sum_{k=1}^n \bar{Q}_k [h_k - h_{k-1}]$$

$$[B_{ij}] = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \bar{Q}_k [h_k^2 - h_{k-1}^2]$$

$$[D_{ij}] = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^n \bar{Q}_k [h_k^3 - h_{k-1}^3]$$

(100 marks/markah)

3. (a) A typical sandwich structure consists of a core bonded in between two faceplates using adhesive. A wide range of sandwich structures can be constructed by combining various faceplates and core materials. However, the selection of materials should comply with the principles and design criteria in order to achieve a good quality of the structure. Therefore, write a summary based on your understanding of the selection criteria of the material for faceplate, core and adhesive with regards to their mechanical requirement, principles and design aspects.

Sebuah struktur sandwic terdiri daripada satu bahagian teras dilekatkan di antara dua bahagian plat permukaan menggunakan pelekat. Pelbagai jenis struktur sandwic boleh dibina dengan menggabungkan berjenis plat permukaan dan bahan teras. Walau bagaimanapun, pemilihan bahan mestilah mematuhi prinsip dan kriteria rekabentuk untuk memperolehi kualiti stuktur yang baik. Oleh itu, tuliskan ringkasan berdasarkan kefahaman anda mengenai kriteria pemilihan bahan untuk plat permukaan, teras dan pelekat berhubung dengan keperluan dari segi mekanikal, prinsipal dan rekabentuk bagi bahan-bahan berkenaan.

(40 marks/markah)

- (b) Given the construction of the sandwich beam as in **Figure 3(b)**, the flexural rigidity of the structure, D is given as:

*Sebuah sandwic bendul lenturan dibina mengikut **Rajah 3(b)**, Kekakuan lenturan struktur tersebut, D diberikan sebagai:*

$$D = \int E z^2 dz = \frac{E_f t_f^3}{6} + \frac{E_f t_f d^2}{2} + \frac{E_c t_c^3}{12} = 2D_f + D_0 + D_c$$

Where:

Di mana:

E_f = Young's modulus of the facing = 75 GPa

E_f = Modulus Keanjalan permukaan = 75 GPa

E_c = Young's modulus of the core = 115 MPa

E_c = Modulus Keanjalan teras = 115 MPa

t_f = thickness of the facing = 3 mm

t_f = tebal permukaan = 3 mm

t_c = thickness of the core = 15 mm

t_c = tebal teras = 15 mm

d = the distance between the centroids of the facing ($d = t_f + t_c$)

d = jarak di antara sentroid dan permukaan ($d = t_f + t_c$)

Based on the values given above, re-evaluate the equation and justify that the flexural rigidity of the sandwich is largely dependent on the second term of the equation rather than those of the first and third terms. Also, show how this equation can be simplified.

Berdasarkan nilai yang diberikan di atas, nilai semula persamaan tersebut dan buktikan bahawa kekakuan lenturan sandwic banyak bergantung kepada sebutan kedua persamaan berbanding sebutan pertama dan ketiga. Tunjukkan juga bagaimana persamaan ini boleh diringkaskan.

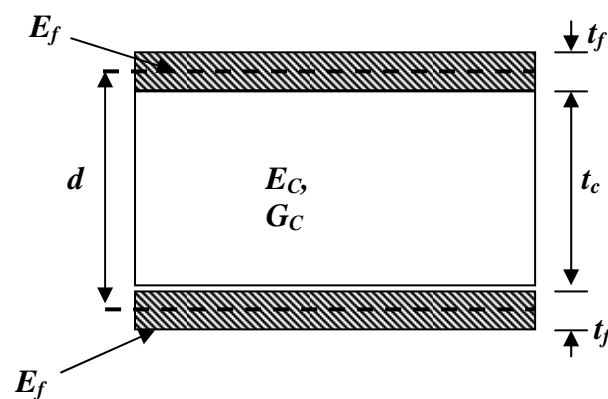


Figure 3(b) / Rajah 3(b)

(60 marks/markah)

4. (a) The following tensile stress-strain values were obtained in uniaxial tensile testing of a $[\pm 45]_s$ laminate:

Nilai tegasan-terikan untuk ujian tegangan berikut telah diperolehi selepas ujian tegangan sepaksi terhadap laminat $[\pm 45]_s$,

σ_{xx} (MPa)	ϵ_{xx} (mm/mm)	ϵ_{yy} (mm/mm)
27.5	0.001	-0.00083
54.4	0.002	-0.00170
82.7	0.003	-0.00250
96.5	0.004	-0.00340
115.7	0.005	-0.00700
132.5	0.006	-0.00811
161.0	0.007	-0.00905
214.0	0.014	-0.01242

Plot the data, and determine the E_{xx} of the laminate. Also, reduce the data to plot τ_{12} versus γ_{12} for the material and determine G_{12} .

Plotkan data bagi ujian tersebut dan tentukan E_{xx} bagi laminat tersebut. Gunakan juga data tersebut untuk melakarkan τ_{12} lawan γ_{12} bagi bahan itu dan tentukan G_{12} .

(50 marks/markah)

- (b) Tensile stress-strain diagram of a $[0/90_4]_s$ AS-4 carbon fiber/epoxy laminate is shown in **Figure 4(b)**. The longitudinal and transverse moduli of a 0° unidirectional laminate of the same material are 142.0 GPa and 10.3 GPa, respectively.

*Rajah tegasan-terikan untuk ujian tegangan bagi laminat $[0/90_4]_s$ AS-4 gentian karbon/epoksi adalah ditunjukkan dalam **Rajah 4(b)**. Modulus sepaksi dan melintang bagi laminat searah 0° untuk bahan yang sama adalah masing-masing 142.0 GPa dan 10.3 GPa,*

- (i) Determine the initial axial modulus of the $[0/90_4]_s$ laminate and compare it with the theoretical value. How would this value change if the 90° layers are at the outside or the laminate construction is changed to $[0_2/90_3]_s$?

Tentukan nilai asal modulus paksi bagi laminat $[0/90_4]_s$ dan bandingkan dengan nilai teori. Bagaimana nilai ini akan berubah sekiranya lapisan 90° berada di lapisan luar atau struktur pembinaan laminat diubah kepada $[0_2/90_3]_s$?

(30 marks/markah)

(30 marks/markah)

- (ii) The knee in the stress-strain diagram is at a strain of 0.005 mm/mm. However, the ultimate longitudinal and transverse strains of the 0^0 unidirectional laminate are at 0.0146 and 0.006 mm/mm, respectively. Explain what might cause a lower strain at the knee.

Bengkokan pada rajah tegasan-terikan tersebut adalah pada nilai terikan 0.005 mm/mm. Bagaimanapun terikan muktamad sepaksi dan melintang bagi laminat searah 0^0 adalah pada masing-masing 0.0146 and 0.006 mm/mm. Jelaskan punca yang boleh menyebabkan terikan yang lebih rendah pada bengkokan.

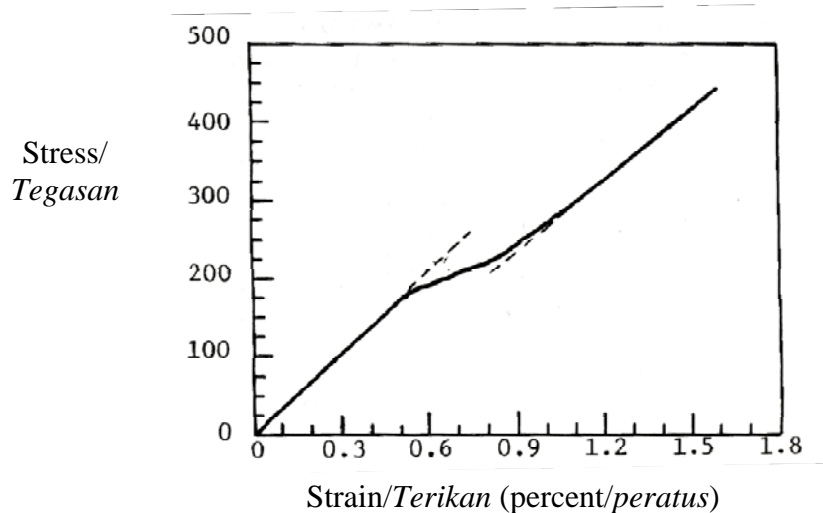
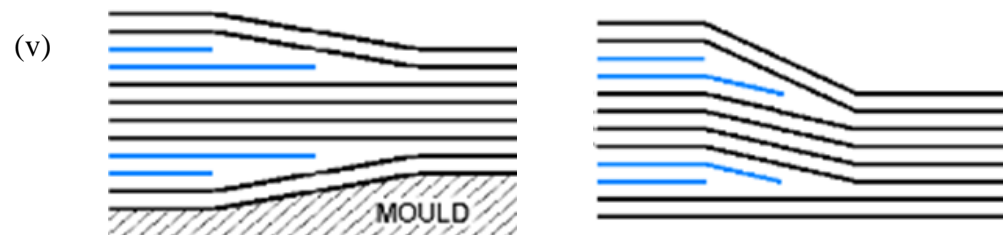
(20 marks/markah)

Figure 4(b) / Rajah 4(b)

5. (a) The followings highlight several design cases of composite structures, which may indicate good or poor designs. Critically, evaluate those designs and justify your assessment accordingly.

Konfigurasi berikut menunjukkan beberapa kes rekabentuk struktur komposit yang boleh memperlihatkan samaada rekabentuk yang baik atau buruk. Nilai secara kritikal terhadap rekabentuk-rekabentuk tersebut dan berikan alasan untuk membuktikan penilaian anda.

- (i) [45/90/135/0₃/135/90/45]
 [45/135/90/45/0/45/90/135/0/45/90/135/45]
 [45/135/90/45/0/45₂/0/135/90/135/45]
- (ii) [45/135/0/135/45/90]_s
 [0/45/135/90/135/45]_s
- (iii) [45/135/90/135/45/0/45/135/90/45/135/0/135/45/90]_s
 [45/135/90₃/135/45/0/45/135₂/45/0/135/45]_s
- (iv) [45/0/135/90/45/0/135]_s
 [45/0/90/135/45/0/135]_s



(vi)

1	2	3	4	5	6
45°	45°	45°	45°	45°	45°
90°	90°	90°	90°	90°	90°
135°	135°	135°	135°	135°	135°
0°	0°				
0°	0°	0°	0°	0°	0°
135°	135°	135°	135°	135°	135°
45°	45°	45°	45°	45°	45°
0°	0°	0°	0°	0°	
0°	0°	0°	0°	0°	0°
0°	0°	0°			
45°	45°	45°	45°	45°	45°
135°	135°	135°	135°	135°	135°
90°	90°	90°	90°	90°	90°
---- Middle plane ----					

1	2	3	4	5	6
45°	45°	45°	45°	45°	45°
90°	90°	90°	90°	90°	90°
135°	135°	135°	135°	135°	135°
0°	0°	0°	0°	0°	0°
135°	135°	135°	135°	135°	135°
45°	45°	45°	45°	45°	45°
0°	0°	0°	0°	0°	0°
0°	0°				
0°	0°	0°	0°	0°	
0°	0°	0°			
45°	45°	45°	45°	45°	45°
135°	135°	135°	135°	135°	135°
90°	90°	90°	90°	90°	90°
---- Middle plane ----					

(60 marks/markah)

- (b) Consider a carbon fibre/epoxy composite laminate in pre-preg forms fabricated using a bag moulding process. The composite then, will be cured by using an autoclave technique with a two-stage cure cycle as shown in **Figure 5(b)**. Critically interprets the graph by analysing every sections of the stage. Your discussion should include the temperature, pressure and vacuum distribution profiles as well as viscosity state of the resin.

*Pertimbangkan sebuah laminat komposit yang diperbuat daripada prepeg gentian karbon/epoksi menggunakan proses pengacuan beg vakuum. Komposit itu seterusnya akan diawet dengan menggunakan teknik autoclaf dengan kitaran awet dua peringkat seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 5(b)**. Tafsirkan secara kritikal mengenai graf tersebut dengan menganalisa setiap bahagian pada peringkat tersebut. Perbincangan anda mestilah mengandungi kesan suhu, tekanan dan profil taburan vakuum serta termasuk juga keadaan kelikatan resin.*

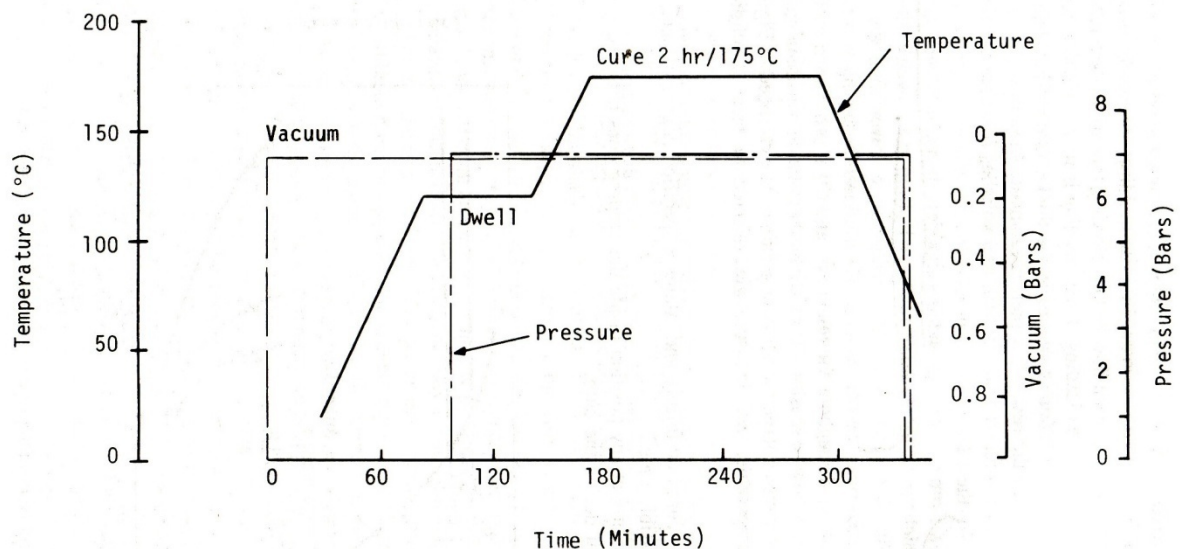


Figure 5(b)/Rajah 5(b)

(40 marks/markah)

~000000000~